Centre de Recherche du Pavillon CHUL

Unité de recherche en santé publique

ANALYSES DES ACIDES GRAS OMÉGA-3 ET DES CONTAMINANTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LES SALMONIDÉS

RAPPORT FINAL

par

Carole Blanchet, M.Sc., Responsable de l'étude
Michel Lucas, M.Sc. et Éric Dewailly, m.d., Ph.D.

Unité de recherche en santé publique, Centre de recherche du CHUL (CHUQ)
et Institut national de santé publique du Québec, Sainte-Foy.

1 Février 2005

ISBN 2-9808929-0-4
Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2005
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2005

106-05591/

Remerciements

La réalisation de ce projet a été possible grâce à une subvention obtenue du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) – Direction de l'innovation et des technologies, et du ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec – Direction générale de la santé publique.

Nos remerciements s'adressent également à :

* M. Richard Morin, de la Direction de l'innovation et des technologies du MAPAQ, qui a supervisé l'ensemble des activités reliées à ce projet;

* Mme Ginette Levesque, des Laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires du MAPAQ, qui a coordonné la collecte des salmonidés d'élevage de même que l'analyse des contaminants environnementaux. Nous remercions également M. Gilles Paillard, M. Jean-Pierre Richard et M. Benoît Sarrasin qui ont effectué ces analyses;

* Dr Pierre Julien, du Centre de recherche sur les maladies lipidiques du CHUL, qui a coordonné l'analyse des acides gras dans les échantillons de poisson. Nous remercions également Mme Line Berthiaume qui a effectué ces analyses;

* Mme Suzanne Gingras, de l'Unité de recherche en santé publique de Québec (CHUL-CHUQ), qui a réalisé l'analyse statistique des données;

* M. Pierre Ayotte, de l'Unité de recherche en santé publique de Québec (CHUL-CHUQ) et de l'Institut national de santé publique du Québec, qui a généreusement conseillé les auteurs sur les valeurs toxicologiques de référence.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des abréviations 4

1. Introduction 5

2. But de l'étude 7

3. Méthodologie 8

    3.1 Échantillonnage des poissons 8
    3.2 Description des analyses en acides gras 8
    3.3 Description des analyses en contaminants 9
        3.3.1 Méthode d'analyse en laboratoire des BPC 9
        3.3.2 Méthode d'analyse en laboratoire des dioxines et furannes 9
        3.3.3 Méthode d'analyse multirésiduelle des pesticides 10
        3.3.4 Méthode d'analyse en laboratoire du mercure 10
    3.4 Analyse statistique des données 11

4. Résultats 12

    4.1 Contenu en acides gras des espèces analysées 12
        4.1.1 Contenu en acides gras des saumons atlantiques d'élevage et sauvages 12
        4.1.2 Contenu en acides gras des truites arc-en-ciel d'élevage et sauvages 13
    4.2 Contribution des saumons et truites d'élevage et sauvages aux apports recommandés en acides gras oméga-3. 14
    4.3 Contenu en contaminants des saumons atlantiques et des truites arc-en-ciel d'élevage et sauvages 25
    4.4 Contribution des espèces de poisson analysées aux apports en contaminants environnementaux 25
    4.5 Valeurs toxicologiques de référence et consommation de saumon atlantique et de la truite arc-en-ciel d'élevage 26

5. Discussion et conclusion 38

6. Références 44

Annexe 1. Liste des pesticides recherchés dans les salmonidés d'élevage

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AA : acide arachidonique (C20:4, n-6)

AGHI : acides gras hautement insaturés

AGMI: acides gras monoinsaturés

AGPI : acides gras polyinsaturés

AGS: acides gras saturés

AL : acide linoléique (C18:2, n-6)

ALA : acide alpha-linolénique (C18:3, n-3)

DHA : acide docosahexanoïque (C22:6, n-3)

DPA : acide docosapentanoïque (C22 :5, n-3)

EPA : acide eicosapentanoïque (C20:5, n-3)

n-6 : oméga-6

n-3 : oméga-3

BPC : biphényles polychlorés

VTR : valeur toxicologique de référence

1. INTRODUCTION

Au cours des deux dernières décennies, certains groupes de chercheurs dont le nôtre ont mesuré les risques potentiels pour la santé dus aux contaminants environnementaux ainsi que les bénéfices nutritionnels d'une consommation régulière de poisson. Plusieurs d'entre eux ont conclu que les bénéfices devaient être davantage considérés (1-5). En effet, malgré la présence de contaminants, la consommation des produits de la pêche et de l'aquaculture comporte d'importants avantages nutritionnels. En outre, les résultats de nombreuses études épidémiologiques et cliniques ont indiqué un effet protecteur de la consommation du poisson sur les maladies cardiovasculaires (6-8). Cet effet serait attribuable à la présence d'acides gras polyinsaturés de type oméga-3 dans la chair des poissons (9). Les acides eicosapentanoïque (EPA) et docosahexanoïque (DHA) sont les principaux acides gras à très longue chaîne de la famille des oméga-3 (ou n-3) dont les sources alimentaires principales sont les graisses présentes dans le poisson, les mollusques, les crustacés ainsi que dans les mammifères marins. Ces acides gras auraient aussi des effets bénéfiques sur l'hypertension, le diabète, le faible poids à la naissance, l'arthrite rhumatoïde et certains types de cancer (sein, côlon) (9-11).

Afin de supporter les connaissances utiles à la gestion des risques que peuvent entraîner les contaminants environnementaux par la consommation de poisson, notre équipe a réalisé une étude en 1995-1997 sur le contenu en nutriments et en acides gras oméga-3 dans les poissons de pêche sportive du lac Saint-Pierre (12). Les résultats de cette étude ont révélé que la plupart des espèces de poissons du lac Saint-Pierre sont de bonnes sources d'acides gras oméga-3 à très longue chaîne tels que l'EPA et le DHA. De plus, dans le cadre d'un projet réalisé en 2002 et intitulé «Le guide alimentaire du Saint-Laurent», notre équipe a analysé de nombreux nutriments, dont les acides gras oméga-3, dans trente espèces commerciales de poisson, mollusques et crustacés dont l'habitat est le fleuve Saint-Laurent (13). Le saumon atlantique et la truite arc-en-ciel d'élevage avaient été intégrés à ces analyses nutritionnelles étant donné leur popularité grandissante auprès des consommateurs québécois. Malgré que l'analyse des acides gras de type oméga-3 n'ait été effectuée que dans un regroupement de 10 échantillons pour chacune des espèces, les résultats ont indiqué que le saumon et la truite d'élevage étaient riches en ces acides gras. Aucune donnée n'était toutefois disponible quant à leur teneur en contaminants environnementaux.

Parallèlement à cette étude, plusieurs média ont rapporté les résultats d'études suggérant que le saumon atlantique d'élevage contiendrait beaucoup moins d'acides gras oméga-3 que le saumon sauvage et beaucoup plus de contaminants environnementaux. (14-23). Au Québec, il n'existe pas de données à ce jour incluant à la fois la teneur en contaminants et en acides gras oméga-3 dans les salmonidés d'élevage. Or, le saumon atlantique d'élevage est disponible pendant toute l'année, à des prix avantageux, d'où sa popularité croissante auprès des consommateurs québécois. Il en est de même pour la truite arc-en-ciel d'élevage. De plus, compte tenu de la précarité des stocks de poisson sauvage et d'une grande augmentation de la demande pour les produits aquatiques au cours des deux dernières décennies, la production aquicole permettra de répondre aux besoins des consommateurs (24). En outre, les recommandations actuelles en nutrition préconisent les sources de protéines les plus maigres comme le poisson et les autres produits aquatiques, ces derniers étant en plus les principales sources alimentaires d'acides gras oméga-3 à très longue chaîne. Ainsi, étant donné le rôle croissant de l'aquaculture pour assurer les futurs approvisionnements en poisson, le poisson d'élevage occupera un rôle de plus en plus important dans l'apport en acides gras oméga-3 aux consommateurs.

Il s'avère donc essentiel de rendre disponible à la population québécoise des informations valides sur la teneur en contaminants environnementaux et en acides gras oméga-3 des saumons et truites d'élevage qui sont vendus dans les supermarchés et poissonneries du Québec.

2. BUT DE L'ÉTUDE

Le but de la présente étude était d'analyser et de comparer le contenu en acides gras et en contaminants environnementaux du saumon atlantique (*Salmo salar*) et de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) d'élevage et sauvages.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 ÉCHANTILLONNAGE DES POISSONS

Les échantillons de saumon et de truite d'élevage ont été collectés en 2003 dans des supermarchés de différentes régions du Québec sous la responsabilité du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Les échantillons de saumon et de truite sauvages ont été obtenus auprès de pêcheurs de la Gaspésie, du Centre interuniversitaire de recherche sur le saumon atlantique (CIRSA), du Ministère des ressources naturelles, de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ) et de la *Freshwater Fisheries Society* de la Colombie Britannique. La collecte des échantillons de saumon et de truite sauvages était sous la responsabilité de l'Unité de recherche en santé publique de Québec (Centre de Recherche du Centre Hospitalier de l'Université Laval (CHUL)).

Au total, 46 saumons et 37 truites d'élevage, 10 saumons et 10 truites sauvages ont été analysées pour leur teneur en acides gras et en contaminants environnementaux.

3.2 DESCRIPTION DES ANALYSES EN ACIDES GRAS

L'analyse des poissons pour leur contenu en acides gras comprenait celle des acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés dont les acides gras oméga-3 et oméga-6. Les analyses ont été réalisées au Centre de recherche sur les maladies lipidiques du CHUL sous la supervision du Dr Pierre Julien. L'analyse des acides gras a été faite dans la chair des poissons, excluant ainsi tout autre type de gras tel que le gras sous-cutané ou mésentérique.

L'extraction des lipides dans la chair des poissons a été effectuée par homogénéisation (25, 26). L'analyse des lipides et des acides gras a été réalisée par méthylation et par chromatographie à gaz : HP 5890, Hewlett Packard, Canada (27, 28). La détermination des acides gras a été effectuée sur une colonne Innowax DB-23 (30 m X 0,25 mm X 0,25 µm). Les chromatographies ont été calibrées avec un mélange de 37 acides gras différents (Fame 37, Supelco).

3.3 DESCRIPTION DES ANALYSES EN CONTAMINANTS

Les analyses en contaminants environnementaux, soit en biphényles polychlorés (BPC), en dioxines, en furannes, en pesticides de même qu'en mercure ont été réalisées à la Direction des laboratoires d'analyses et d'expertises alimentaires du MAPAQ sous la direction intérimaire de madame Ginette Levesque.

3.3.1 Méthode d'analyse en laboratoire des BPC

Les échantillons ont été extraits avec des solvants organiques au polytron et traités à l'acide sulfurique. Les extraits ont été purifiés sur une colonne de chromatographie au gel de silice. Au début des extractions, il y a eu ajout de standards de BPC marqués au ^{13}C, ce qui permet de vérifier la récupération en BPC. Ils ont ensuite été purifiés sur chromatographie à perméation de gel (GPC) et dosés à l'aide d'un spectromètre de masse couplé à un chromatographe en phase gazeuse.

3.3.2 Méthode d'analyse en laboratoire des dioxines et furannes

Les échantillons ont été extraits avec des solvants organiques au polytron et traités à l'acide sulfurique. Les extraits ont été purifiés sur diverses colonnes de chromatographie (gel de silice, silicate de césium, alumine et colonne de charbon). Au début des extractions, des standards de dioxines marqués au ^{13}C ont été ajoutés, ce qui permet de vérifier la récupération en dioxines sans interférer avec les traces éventuellement contenues dans les échantillons. À la fin de l'extraction, d'autres dioxines marquées au ^{13}C ont été ajoutées, qui à cette étape, servent à certifier l'intégrité des analyses en chromatographie gazeuse et aussi comme références aux autres dioxines en matière de temps de rétention. L'analyse des dioxines a été effectuée par spectrométrie de masse sur un secteur magnétique en haute résolution (10 000), suite à l'injection dans un chromatographe à gaz pour les séparer.

3.3.3 Méthode d'analyse multirésiduelle des pesticides

Les analyses de résidus de pesticides ont été réalisées seulement dans les poissons d'élevage, la quantité résiduelle des poissons sauvages nécessaire pour ces analyses étant insuffisante. Ainsi, la recherche de résidus de pesticides a été réalisée dans 68 échantillons de poisson.

Pour l'analyse multirésiduelle des pesticides, la chair des poissons est d'abord homogénéisée en présence d'acétonitrile et de chlorure de sodium. Après décantation, la phase organique contenant les éventuels pesticides est récupérée et soumise à une purification impliquant des adsorbants du type C-18, envicarb et aminopropyl. Ces adsorbants éliminent les autres substances qui sont susceptibles d'interférer lors de l'analyse des pesticides. L'extrait purifié est finalement concentré et analysé par chromatographie gazeuse. La détection et la quantification sont assurées par spectrométrie de masse. La limite de détection est de l'ordre de 0,05 µg/g (ppm) d'aliment, et varie selon la substance active recherchée.

3.3.4 Méthode d'analyse en laboratoire du mercure

Traitement des échantillons : Les poissons ont été reçus dépiautés et filetés. Plusieurs petites portions de tissus ont été prélevées avec un scalpel et combinées pour constituer chaque échantillon analytique. Ces opérations ont été effectuées en chambre blanche afin de minimiser la contamination.

Digestion des échantillons : Les échantillons ont été digérés pour détruire les matières organiques et convertir tout le mercure en mercure inorganique par chauffage avec un mélange d'acides nitrique et sulfurique.

Méthode d'analyse : Le mercure total a été analysé par génération de vapeurs de mercure métallique qui sont quantifiées avec un appareil d'absorption atomique (Systèmes Varian VGA-76 et Perkin Elmer 1100B).

3.4 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les moyennes arithmétiques et les écart-types des acides gras et des contaminants ont été calculés pour chaque espèce de poisson. La comparaison des teneurs en acides gras et en contaminants entre les espèces d'élevage et sauvages a été réalisée avec le test non paramétrique de Wilcoxon. Le test de corrélation de Pearson a été appliqué pour vérifier la corrélation entre la teneur en acides gras oméga-3 et celle en contaminants. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC). La signification statistique a été considérée lorsque la valeur-*p* était inférieure à 0,05 (test bilatéral).

4. RÉSULTATS

4.1 CONTENU EN ACIDES GRAS DES ESPÈCES ANALYSÉES

4.1.1 Contenu en acides gras des saumons atlantiques d'élevage et sauvages

Les concentrations moyennes en lipides totaux et en acides gras (mg/100 g) des saumons analysés sont présentées au tableau 1. On y observe que le contenu total moyen en lipides et en acides gras des saumons d'élevage et sauvages était similaire. L'étendue des valeurs en lipides était relativement importante, variant dans les deux types de saumon entre 1 000 et 17 000 mg par 100 g. De plus, sauf pour l'acide α-linolénique (ALA), la teneur en acides gras oméga-3 des saumons d'élevage s'apparentait à celle des saumons sauvages, que ce soit pour la somme des acides gras oméga-3 que pour chacun des acides gras de cette catégorie pris individuellement. Cependant, lorsque calculées en termes de proportions par rapport aux acides gras totaux, certaines concentrations relatives en acides gras oméga-3 des saumons atlantiques d'élevage ont présenté des différences significatives avec celles des saumons sauvages (Figure 1). En effet, les concentrations relatives en acide α-linolénique, en acide eicosapentanoïque (EPA), en acide docosapentanoïque (DPA), et pour le total des acides gras oméga-3 (AGPI, Σn-3) étaient significativement plus élevées dans les saumons d'élevage que dans les saumons sauvages. Les concentrations relatives en acide docosahexanoïque (DHA), en EPA+DHA et pour le total des acides gras hautement insaturés (AGHI, Σn-3) étaient toutefois similaires dans les deux types de saumons. Le test de corrélation de Pearson a indiqué que la teneur en acides gras de type oméga-3 à très longue chaîne (EPA+DHA) était fortement corrélée avec la teneur en lipides totaux (Figure 2). En effet, le coefficient de corrélation s'est chiffré à plus de 0,85 dans les deux types de saumons (valeur $p < 0{,}001$).

Les concentrations moyennes (mg/100g) et relatives (% des acides gras totaux) en acides gras oméga-6 se sont toutes révélées significativement supérieures dans les saumons d'élevage que dans les saumons sauvages (Tableau 1 et Figure 3). Par ailleurs, le rapport des acides gras oméga-3 sur les acides gras oméga-6 (Σn-3/Σn-6) s'est chiffré à 11,0 pour les saumons sauvages comparativement à 3,6 pour les saumons d'élevage. La figure 4 présente les proportions que chacune des grandes catégories d'acides gras représentait dans les deux types de saumons. Les saumons d'élevage contenaient significativement plus d'acides gras polyinsaturés (AGPI) et d'acides gras saturés (AGS)

que les saumons sauvages alors que ces derniers présentaient un plus grand pourcentage d'acides gras monoinsaturés (AGMI).

4.1.2 Contenu en acides gras des truites arc-en-ciel d'élevage et sauvages

On observe au tableau 2 que le contenu moyen (mg/100 g) en lipides et en acides gras totaux était cinq fois plus élevé dans les truites arc-en-ciel d'élevage que dans les truites sauvages. L'étendue des valeurs en lipides était beaucoup plus importante dans les truites d'élevage, variant entre 950 mg et 14 600 mg, alors que le contenu en lipides des truites sauvages ne variait qu'entre 493 mg et 1 600 mg. Les concentrations moyennes (mg/100 g) en acides gras oméga-3 (concentrations individuelles et totale) étaient significativement supérieures dans les truites d'élevage que dans les truites sauvages, les truites d'élevage affichant trois fois plus d'acides gras oméga-3 que les truites sauvages (931 versus 268 mg/100 g). Par contre, on remarque à la figure 5 que les concentrations relatives de la plupart des acides gras oméga-3 étaient significativement plus élevées dans les truites sauvages que dans les truites d'élevage. Le test de corrélation de Pearson a révélé que la teneur en acides gras oméga-3 (EPA+DHA) était positivement corrélée avec la teneur en lipides totaux dans les truites d'élevage et non dans les truites sauvages (Figure 6).

Les concentrations moyennes en acides gras oméga-6 (AGPI, Σn-6) et en acide linoléique (AL) étaient significativement plus élevées dans les truites d'élevage comparativement aux truites sauvages (Tableau 2). Toutefois, lorsque les concentrations en acides gras n-6 ont été mesurées proportionnellement aux acides gras totaux, les truites sauvages ont présenté des concentrations relatives significativement plus élevées en acides gras oméga-6 et en acide arachidonique (AA) comparé aux truites d'élevage (Figure 7).

Le rapport des acides gras oméga-3 sur les acides gras oméga-6 (Σn-3/Σn-6) était similaire dans les deux types de truites, se chiffrant à 4,8 pour les truites sauvages et à 4,4 pour les truites d'élevage, les acides gras oméga-3 étant les principaux acides gras polyinsaturés dans la chair des truites d'élevage et sauvages. Les proportions de chacune des grandes catégories d'acides gras observées dans les truites d'élevage et sauvages sont présentées à la figure 8. Les acides polyinsaturés étaient présents en plus grande proportion dans les truites sauvages que dans les truites d'élevage. Par contre, les

acides gras saturés de même que les acides gras monoinsaturés étaient proportionnellement plus concentrés dans les truites d'élevage que dans les truites sauvages.

4.2 CONTRIBUTION DES SAUMONS ET TRUITES D'ÉLEVAGE ET SAUVAGES AUX APPORTS RECOMMANDÉS EN ACIDES GRAS OMÉGA-3.

Comme mentionné auparavant, les sources alimentaires principales des acides gras oméga-3 à très longue chaîne, en particulier l'EPA et le DHA, sont le poisson et les autres produits aquatiques, et ces acides gras ont un effet protecteur pour plusieurs maladies dont les maladies cardiovasculaires. À ce jour, les recommandations canadiennes sont basées sur les apports nutritionnels de référence (ANREF) de la *National Academy of Sciences* des Etats-Unis (29). Ainsi, les ANREF définis pour l'EPA et le DHA en terme de quantité quotidienne minimale à consommer sont de l'ordre de 220 mg par jour pour un apport calorique de 2 000 kilocalories. L'American Heart Association (AHA) reconnaît qu'un apport quotidien de 0,5 à 1,8 grammes par jour d'EPA et de DHA puisse réduire significativement la mortalité (toutes causes) et aussi la mortalité due aux maladies cardiovasculaires (30). Ainsi, pour les personnes atteintes d'une maladie coronarienne, l'AHA recommande de consommer 1 g/jour d'EPA et de DHA afin de diminuer leur risque de mortalité. En prévention primaire, soit pour les personnes n'ayant pas de maladie coronarienne, l'AHA recommande la consommation d'au moins deux repas de poisson gras par semaine (maquereau, saumon atlantique, hareng, sardine, thon), ce qui fournit environ 500 mg d'EPA et de DHA par jour. En 2004, un groupe d'experts en nutrition de l'International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids (ISSFAL) a d'ailleurs recommandé pour les adultes un apport quotidien minimal de 500 mg d'EPA + DHA (31).

En somme, il est recommandé de consommer au moins deux repas de poisson par semaine et de préférence du poisson gras. Ainsi, la consommation d'une portion de 180 g fournit un peu plus de 1 500 mg d'EPA+DHA si on consomme du saumon atlantique d'élevage, environ 1 300 mg si on consomme du saumon sauvage ou de la truite arc-en-ciel d'élevage et un peu plus de 400 mg pour la truite sauvage. Les saumons et truites d'élevage constituent donc de très bonnes sources d'acides gras oméga-3 pour le consommateur.

Tableau 1. Composition en lipides totaux et en acides gras du saumon atlantique d'élevage et sauvage (mg/100 g).

Lipides / acides gras	Saumon d'élevage (N = 46)		Saumon sauvage (N=10)		
	Moyenne	(Écart-type)	Moyenne	(Écart-type)	Valeur p
Lipides totaux	7 421,3	(3 835,7)	6 966,8	(3 756,6)	0,578
Acides gras totaux	4 022,1	(1 863,9)	3 974,2	(1 288,0)	0,797
Acide α-linolénique (C18:3n-3)	75,2	(62,3)	19,2	(7,4)	< 0,001
Acide eicosapentanoïque (C20:5n-3)	306,9	(117,0)	255,0	(73,5)	0,134
Acide docosapentanoïque (C22:5n-3)	147,2	(69,6)	107,7	(38,8)	0,104
Acide docosahexanoïque (C22:6n-3)	548,3	(151,1)	494,1	(86,2)	0,429
EPA+DHA	855,2	(261,3)	749,1	(156,9)	0,358
AGHI, Σn-3	1 065,6	(356,9)	911,2	(208,1)	0,336
AGPI, Σn-3	1 192,4	(412,0)	960,9	(220,9)	0,146
Acide linoléique (C18:2n-6)	343,3	(262,0)	46,7	(17,6)	< 0,001
Acide arachidonique (C20:4n-6)	34,1	(11,2)	16,2	(4,4)	< 0,001
AGPI, Σ n-6	442,4	(299,2)	91,7	(31,1)	< 0,001
Σ n-3 / Σ n-6	3,6	(1,8)	11,0	(2,7)	< 0,001
AGPI	1 634,8	(642,6)	1 052,5	(247,4)	0,008
AGMI	1 473,7	(921,0)	2 161,4	(777,9)	0,008
AGS	1 037,7	(414,8)	760,2	(278,1)	0,060

EPA, acide eicosapentanoïque; DHA, acide docosahexanoïque; AGHI, acides gras hautement insaturés; AGPI, acides gras polyinsaturés (n-3 + n-6); AGMI, acides gras monoinsaturés; AGS, acides gras saturés;

AGHI, Σ n-3: (C20:3+C20:4+C20:5+ C22:5+ C22:6);
AGPI, Σ n-3: (C18:3+C18:4+C20:3+ C20:4+ C20:5+ C22:5+ C22:6);
AGPI, Σ n-6: (C18:2+C18:3+C20:2+ C20:3+ C20:4+ C22:2+ C22:4+ C22:5);
AGMI: (C14:1+C18:1+ C20:1+ C22:1+ C24:1);
AGS: (C14:0+C15:0+ C16:0+ C18:0+ C20:0+ C22:0+ C24:0).

Tableau 2. Composition en lipides totaux et en acides gras de la truite arc-en-ciel d'élevage et sauvage (mg/100 g).

Lipides / acides gras	Truite d'élevage (N = 37)		Truite sauvage (N=10)		Valeur p
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	
Lipides totaux	5 576,3	(3 517,1)	952,7	(385,9)	< 0,001
Acides gras totaux	3 188,4	(1 697,2)	593,0	(153,5)	< 0,001
Acide α-linolénique (C18:3n-3)	35,2	(30,8)	10,6	(6,9)	0,002
Acide eicosapentanoïque (C20:5n-3)	221,6	(123,5)	47,1	(10,1)	< 0,001
Acide docosapentanoïque (C22:5n-3)	92,3	(54,8)	16,2	(4,9)	< 0,001
Acide docosahexanoïque (C22:6n-3)	509,8	(175,7)	185,3	(47,5)	< 0,001
EPA+DHA	731,4	(294,0)	232,4	(47,8)	< 0,001
AGHI, Σ n-3	861,3	(369,4)	255,0	(51,6)	< 0,001
AGPI, Σ n-3	930,7	(407,3)	268,2	(52,1)	< 0,001
Acide linoléique (C18:2n-6)	220,5	(185,2)	25,8	(13,3)	< 0,001
Acide arachidonique (C20:4n-6)	27,2	(11,6)	32,1	(17,7)	0,275
AGPI, Σ n-6	290,8	(215,6)	74,5	(34,5)	< 0,001
Σ n-3 / Σ n-6	4,4	(2,4)	4,8	(3,3)	0,959
AGPI	1 221,6	(547,1)	342,7	(62,4)	< 0,001
AGMI	1 106,0	(761,3)	106,0	(56,8)	< 0,001
AGS	860,8	(468,4)	144,4	(37,9)	< 0,001

EPA, acide eicosapentanoïque; DHA, acide docosahexanoïque; AGHI, acides gras hautement insaturés; AGPI, acides gras polyinsaturés (n-3 + n-6); AGMI, acides gras monoinsaturés; AGS, acides gras saturés;

AGHI, Σ n-3: (C20:3+C20:4+C20:5+ C22:5+ C22:6);
AGPI, Σ n-3: (C18:3+C18:4+C20:3+ C20:4+ C20:5+ C22:5+ C22:6);
AGPI, Σ n-6: (C18:2+C18:3+C20:2+ C20:3+ C20:4+ C22:2+ C22:4+ C22:5);
AGMI: (C14:1+C18:1+ C20:1+ C22:1+ C24:1);
AGS: (C14:0+C15:0+ C16:0+ C18:0+ C20:0+ C22:0+ C24:0).

Figure 1. Composition en acides gras oméga-3 (n-3) des saumons atlantiques sauvages et d'élevage (% des acides gras totaux)

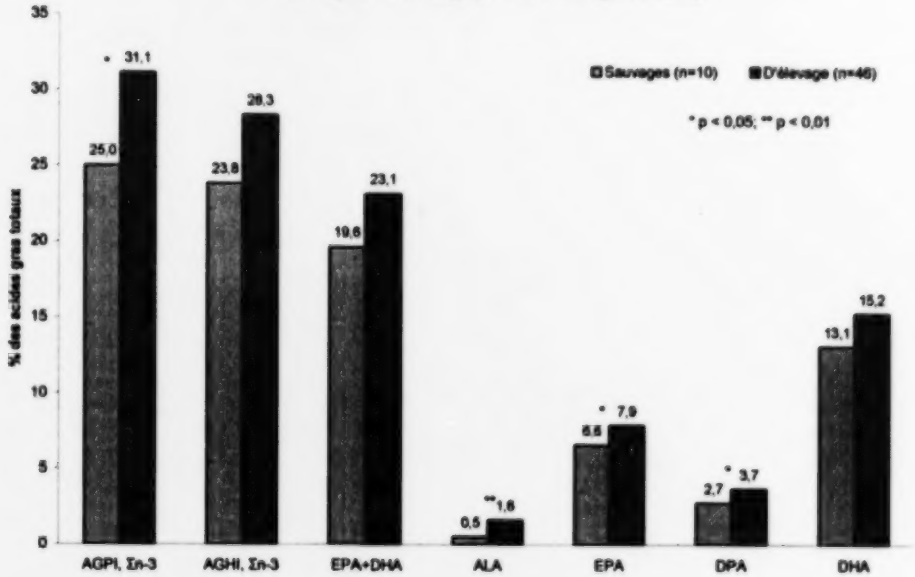


Figure 2. Corrélation entre les lipides totaux et les acides gras oméga-3 (EPA + DHA) dans les saumons atlantiques sauvages et d'élevage

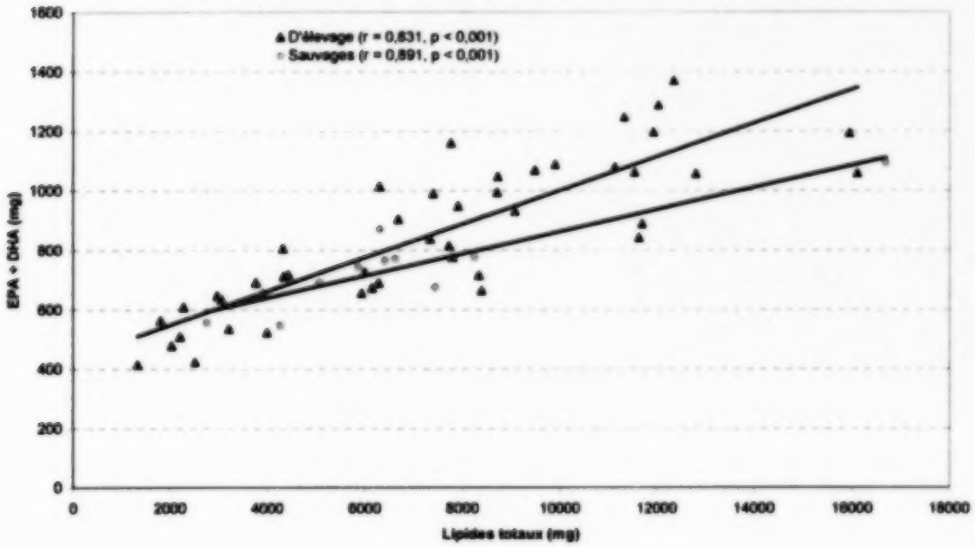


Figure 3. Composition en acides gras oméga-6 (n-6) des saumons atlantiques sauvages et d'élevage (% des acides gras totaux)

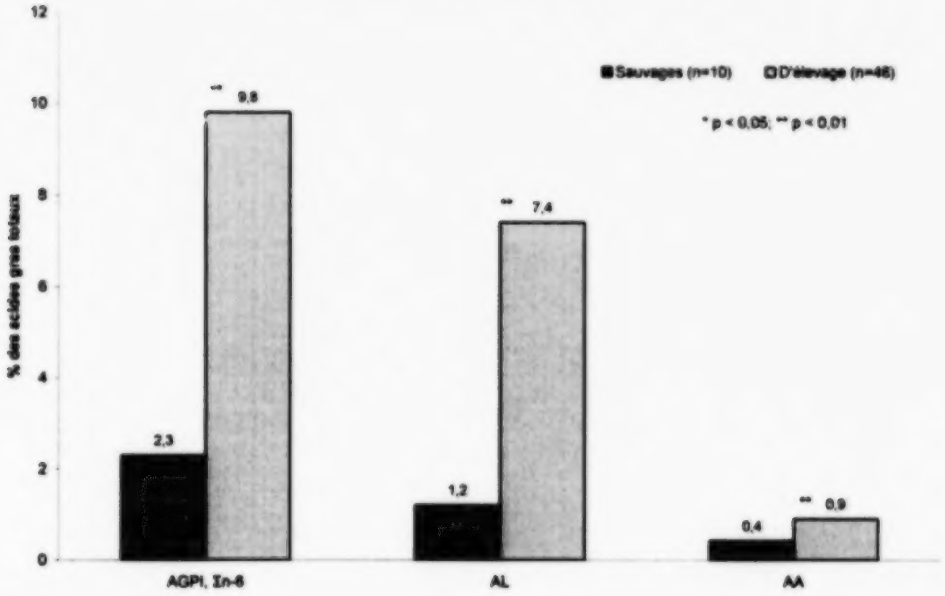


Figure 4. Proportion des acides gras dans les saumons atlantiques d'élevage et sauvages (% des acides gras totaux)

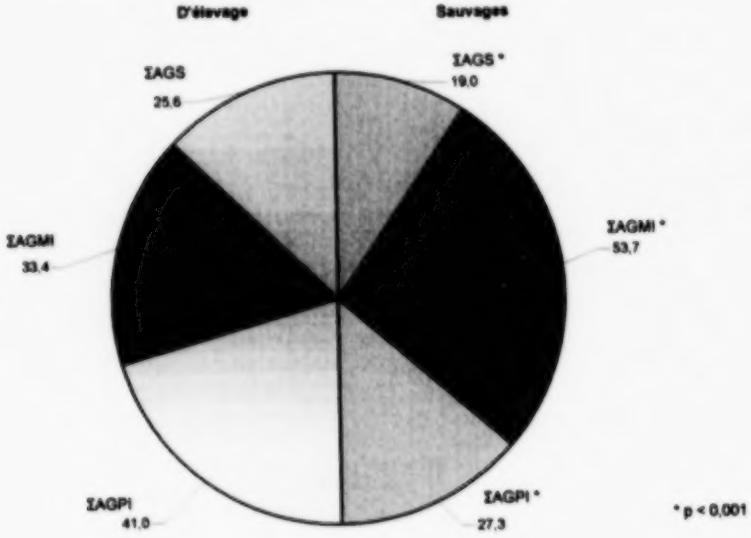


Figure 5. Composition en acides gras oméga-3 (n-3) des truites arc-en-ciel sauvages et d'élevage (% des acides gras totaux)

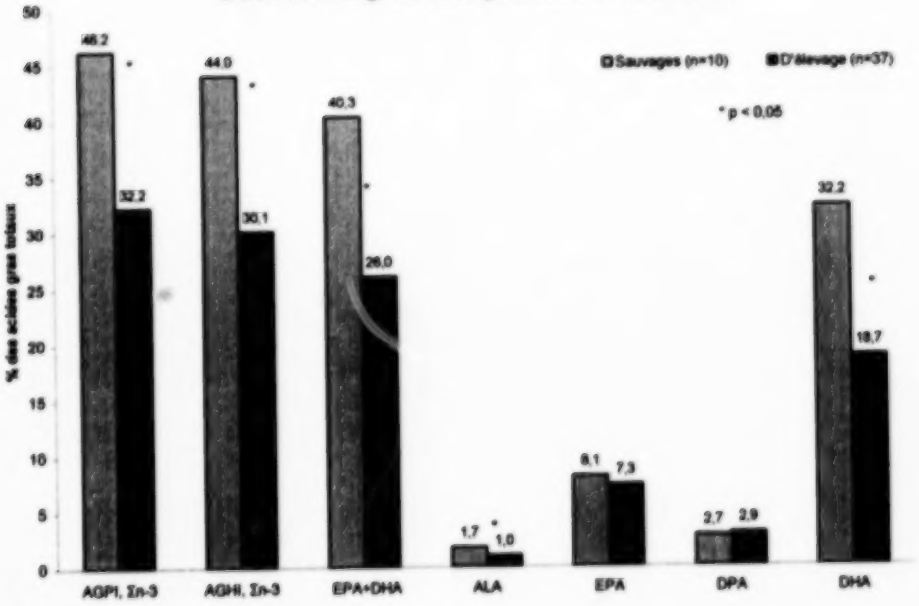


Figure 6. Corrélation entre les lipides totaux et les acides gras oméga-3 (EPA + DHA) dans les truites arc-en-ciel sauvages et d'élevage

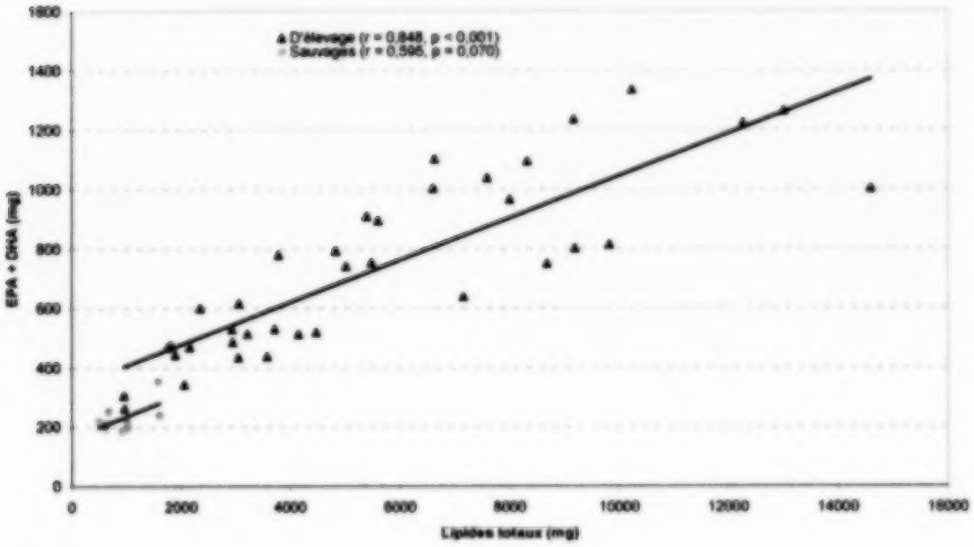


Figure 7. Composition en acides gras oméga-6 (*n*-6) des truites arc-en-ciel sauvages et d'élevage (% des acides gras totaux)

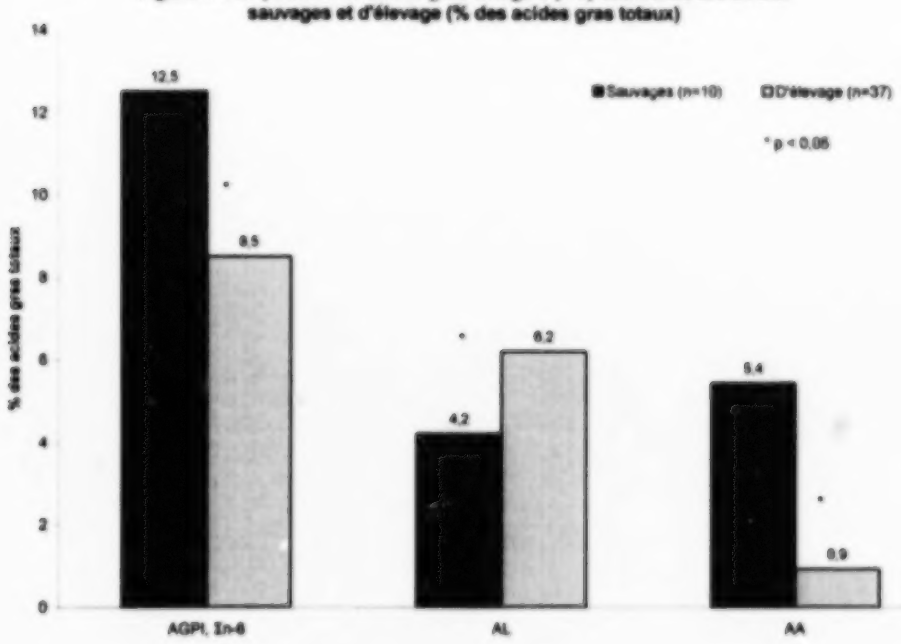
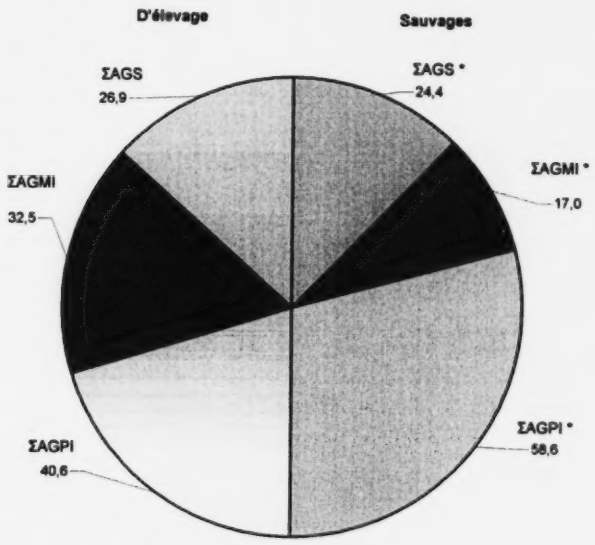


Figure 8. Proportion des acides gras dans les truites arc-en-ciel d'élevage et sauvages (% des acides gras totaux)



* p < 0,001

4.3 CONTENU EN CONTAMINANTS DES SAUMONS ATLANTIQUES ET DES TRUITES ARC-EN-CIEL D'ÉLEVAGE ET SAUVAGES

Le tableau 3 présente les concentrations moyennes de la sommation des 14 congénères des biphényles polychlorés (BPC), de la sommation des dioxines et furannes et les concentrations en mercure des saumons analysés. En général, les concentrations moyennes en contaminants sont très faibles. Plus spécifiquement, les concentrations moyennes en dioxines et furannes des saumons d'élevage et sauvages sont similaires alors que les concentrations en BPC des saumons d'élevage sont légèrement plus élevées que celles des saumons sauvages. Par contre, les concentrations en mercure des saumons sauvages sont significativement plus élevées que celles des saumons d'élevage.

Le tableau 4 présente les concentrations moyennes en BPC, en dioxines et furannes de même que celles en mercure des truites arc-en-ciel d'élevage et sauvages. Seules les concentrations moyennes en mercure des truites arc-en-ciel sauvages se sont révélées légèrement mais significativement supérieures à celles des truites d'élevage alors que les concentrations respectives en BPC, en dioxines et furannes des deux types de truites étaient similaires.

Enfin, comme mentionné auparavant, 169 substances actives de pesticides (Annexe 1) ont été investiguées dans les salmonidés d'élevage. Les analyses de laboratoire ont démontré qu'aucun résidu de pesticides n'a été détecté dans les échantillons de saumon atlantique et de truite arc-en-ciel d'élevage.

4.4 CONTRIBUTION DES ESPÈCES DE POISSON ANALYSÉES AUX APPORTS EN CONTAMINANTS ENVIRONNEMENTAUX

Au Québec, les règles de consommation du poisson sont basées sur les directives de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) pour la mise en marché des produits de la pêche. Ainsi, selon la directive de l'ACIA, la concentration maximale de BPC permise dans le poisson est de 2 parties par million (2 ppm) ou de 2 mg/kg de chair de poisson. On observe donc aux tableaux 3 et 4 qu'aucun des salmonidés analysés n'a approché cette concentration. De plus, les valeurs maximales observées dans les échantillons analysés ont été de l'ordre de 0,04 et 0,02 mg/kg respectivement dans le saumon d'élevage et sauvage, et de 0,01 mg/kg dans les deux types de truites arc-en-ciel. Compte

tenu des valeurs moyennes observées, la consommation d'une portion de 180 g de saumon atlantique d'élevage et sauvage fournirait respectivement 0,003 et 0,001 mg de BPC alors que pour la truite arc-en-ciel d'élevage et sauvage, une portion en fournirait 0,001 mg.

Pour les dioxines et furannes, la directive émise par Santé Canada et appliquée au Québec est de 15 parties par trillion (15 ppt) ou 15 ng/kg de chair de poisson (48). Cette directive n'a aucunement été dépassée dans les échantillons analysés (Tableaux 3 et 4). De plus, les valeurs maximales observées dans les échantillons étaient bien inférieures à la directive de Santé Canada et ce, dans les deux types de salmonidés. La consommation d'une portion de 180 g de saumon atlantique d'élevage et sauvage fournirait donc respectivement 0,015 et 0,027 ng de dioxines et furannes, alors qu'une portion de truite d'élevage et sauvage en fournirait respectivement 0,007 et 0,018 ng.

La ligne directrice de consommation des diverses espèces de poisson se situe pour le mercure à 0,5 ppm ou à 0,5 mg/kg de chair de poisson pour la population en général. On observe donc aux tableaux 3 et 4 que la norme de 0,5 mg/kg n'a pas été dépassée par aucune des espèces analysées. Ainsi, la consommation d'une portion de 180 g de saumon d'élevage fournirait environ 0,003 mg de mercure alors que le saumon sauvage en fournirait 0,010 mg. En regard de la truite arc-en-ciel d'élevage, une portion de 180 g fournirait 0,004 mg de mercure comparativement à 0,008 mg pour la truite sauvage.

4.5 VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE ET CONSOMMATION DE SAUMON ATLANTIQUE ET DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL D'ÉLEVAGE

Étant donné que le poisson représente une source d'exposition aux contaminants environnementaux, des valeurs toxicologiques de référence (VTR) ont été établies par divers organismes dont Santé Canada afin de prévenir les risques pour la santé associés aux contaminants. Nous avons donc calculé en fonction des VTR et sur une base hebdomadaire, les doses de contaminants qui pourraient être ingérées selon la fréquence de consommation d'une portion (180 g) de saumon atlantique et de truite arc-en-ciel d'élevage.

Pour les BPC, la VTR a été établie à 1 µg/kg de poids corporel (32). Ainsi, pour une femme de 60 kg, la VTR se chiffre à 60 µg par jour ou à 420 µg par semaine. Pour un homme de 75 kg, la VTR se chiffre à 75 µg par jour ou à 525 µg par semaine. Tel que mentionné dans la section précédente, la consommation d'une portion de 180 g de saumon d'élevage contribue à 0,003 mg de BPC (ou 3 µg) et celle de la truite arc-en-ciel d'élevage à 0,001 mg ou 1 µg de BPC. On constate donc à la figure 9 que la consommation d'un ou même de sept repas de saumon atlantique d'élevage par semaine représente un apport très faible en BPC comparativement à la VTR (≤ 5% de la VTR). Pour la truite arc-en-ciel d'élevage, on observe à la figure 10 que la consommation de sept repas de truite par semaine (ou 1 repas / jour) ne permet pas d'atteindre 2 % de la VTR hebdomadaire pour les BPC.

Par ailleurs, il semblerait que Santé Canada veuille émettre une nouvelle VTR pour les BPC, une VTR beaucoup plus restrictive. Cette VTR serait possiblement fixée à 0,13 µg/kg de poids corporel (33), ce qui représente environ le dixième de la VTR en vigueur. Les figures 11 et 12 nous montrent donc ce que représenteraient les apports en BPC selon la fréquence de consommation du saumon et de la truite d'élevage et selon la VTR de 0,13 µg/kg de poids corporel. Ainsi, la consommation de sept repas de saumon atlantique d'élevage équivaudrait à un apport représentant 31% de la VTR pour un homme et 39 % de la VTR pour une femme (Figure 11.). Pour la truite arc-en-ciel d'élevage, la consommation d'un à sept repas par semaine représenterait respectivement 1,5% à 12,8% de la VTR (Figure 12).

Pour les dioxines et les furannes, la VTR a été fixée à 1 pg/kg de poids corporel (34). Ainsi, pour une femme de 60 kg, la VTR se chiffre à 60 pg par jour ou à 420 pg par semaine. Pour un homme de 75 kg, la VTR se chiffre à 75 pg par jour ou à 525 pg par semaine. La consommation d'une portion de 180 g de saumon d'élevage contribue à 0,015 ng de dioxines et furannes (ou 15 pg) et celle de la truite arc-en-ciel d'élevage à 0,007 ng ou 7 pg. On constate à la figure 13 que la consommation de 7 repas de saumon atlantique d'élevage par semaine équivaut à 20% pour un homme et à 25 % pour une femme de la VTR hebdomadaire fixée pour les dioxines et furannes.

Pour la truite arc-en-ciel d'élevage (Figure 14), la consommation de sept repas de truite par semaine (ou 1 repas / jour) contribue à un apport de moins de 12% de la VTR hebdomadaire.

Pour le mercure, la VTR a été établie à 0,47 µg/kg de poids corporel pour un adulte (homme et femme) et à 0,2 µg/kg de poids corporel pour les femmes en âge de procréer, enceintes ou allaitantes (35). Ainsi, on constate à la figure 15 que la consommation d'un repas de saumon d'élevage par jour (7 repas/semaine) pour un homme de 75 kg ou une femme de 60 kg ne représente pas plus de 11 % de la VTR hebdomadaire recommandée pour le mercure. Bien que la VTR soit plus restrictive pour les femmes en âge de procréer, on observe aussi que la consommation hebdomadaire de deux à sept repas de saumon d'élevage ne permet pas d'atteindre la VTR recommandée. Pour la truite arc-en-ciel d'élevage (Figure 16), la consommation de sept repas de truite par semaine (ou 1 repas / jour) n'atteint pas 15 % de la VTR en mercure recommandée pour un homme ou une femme adulte. Chez les femmes en âge de procréer, sept repas de truite arc-en-ciel d'élevage par semaine représentent 28,6% de la VTR hebdomadaire.

Tableau 3. Concentrations[1] en BPC, dioxines et furannes et mercure dans le saumon atlantique d'élevage et sauvage.

	SAUMON ATLANTIQUE D'ÉLEVAGE (N=46)				SAUMON ATLANTIQUE SAUVAGE (N=10)			
Contaminants	**Moyenne**	**(e-t)**	**Minimum**	**Maximum**	**Moyenne**	**(e-t)**	**Minimum**	**Maximum**
ΣBPC (mg/kg)	0,014	(0,009)	0,002	0,039	0,006[2]	(0,007)	0,0004	0,017
ΣDioxines + Furannes (ng NATO-TEQ/kg)	0,082	(0,099)	0,013	0,480	0,150	(0,139)	0,040	0,440
Mercure (mg/kg)	0,018	(0,007)	0,007	0,030	0,056[4]	(0,013)	0,040	0,080

[1] Moyenne arithmétique et écart-type (e-t) ;
[2] $p < 0,05$, [3] $p < 0,005$, [4] $p < 0,0001$: Différences significatives entre les saumons d'élevage et sauvages;
ΣBPC = somme des 14 congénères biphényles polychlorés (BPC (IUPAC nos. 28, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183, et 187);
ΣDioxines + Furannes = somme des congénères (2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OCDD; 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OCDF).

Tableau 4. Concentrations[1] en BPC, dioxines et furannes et mercure de la truite arc-en-ciel d'élevage et sauvage.

	TRUITE ARC-EN-CIEL D'ÉLEVAGE (N=37)				TRUITE ARC-EN-CIEL SAUVAGE (N=10)			
Contaminants	**Moyenne**	**(e-t)**	**Minimum**	**Maximum**	**Moyenne**	**(e-t)**	**Minimum**	**Maximum**
ΣBPC (mg/kg)	0,006	(0,003)	0,0006	0,013	0,006	(0,005)	0,0001	0,011
ΣDioxines + Furannes (ng NATO-TEQ/kg)	0,041	(0,038)	0,0002	0,175	0,098	(0,101)	0,0003	0,285
Mercure (mg/kg)	0,021	(0,009)	0,010	0,040	0,045[3]	(0,026)	0,020	0,090

[1] Moyenne arithmétique et écart-type (e-t);
[2] $p < 0,05$, [3] $p < 0,005$, [4] $p < 0,000$ 1: Différences significatives entre les truites d'élevage et sauvages;
ΣBPC = somme des 14 congénères biphényles polychlorés (BPC (IUPAC nos. 28, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183, et 187);
ΣDioxines + Furannes = somme des congénères (2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OCDD; 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OCDF).

Figure 9. Fréquence de consommation du saumon d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR= 1 µg/kg poids) atteinte hebdomadairement en BPC

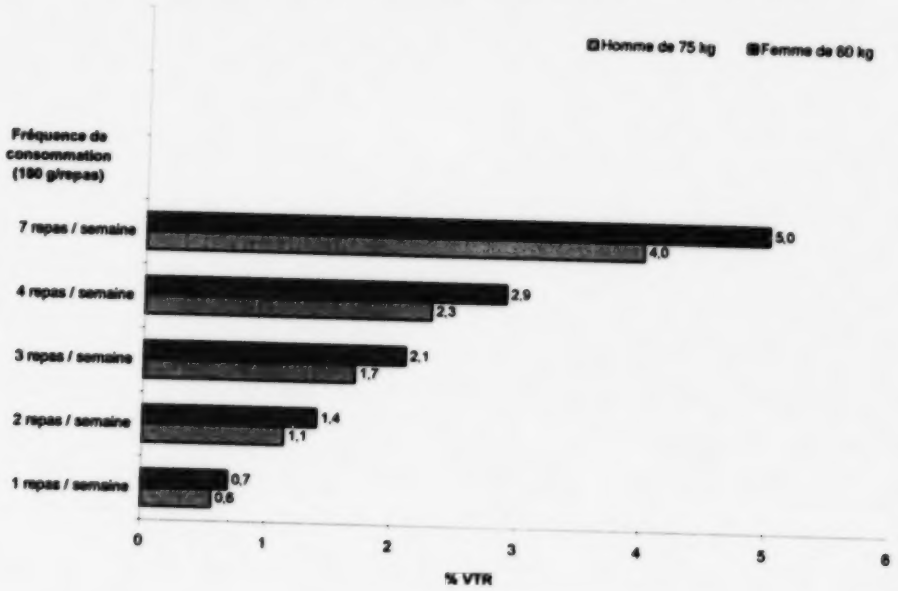


Figure 10. Fréquence de consommation de la truite arc-en-ciel d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR=1 µg/kg poids) atteinte hebdomadairement en BPC

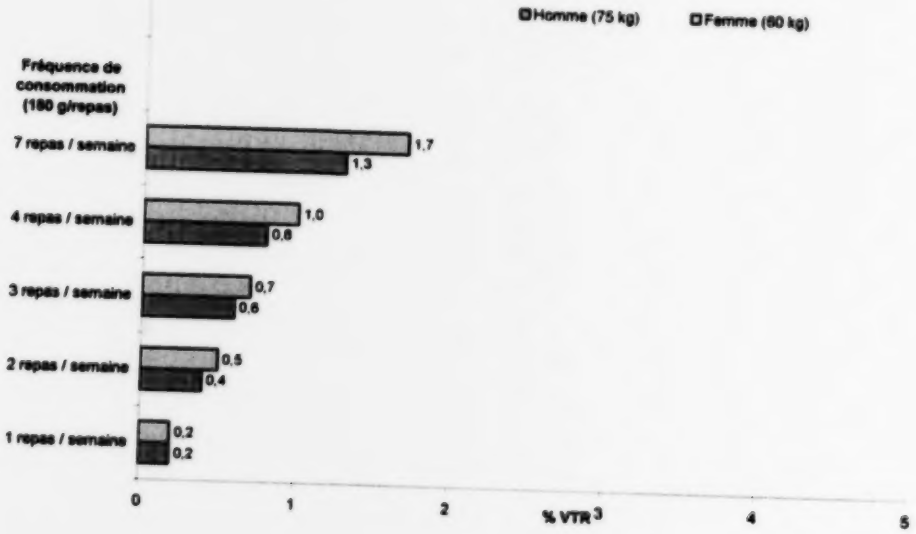


Figure 11. Fréquence de consommation du saumon d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR= 0,13 µg/kg poids) atteinte hebdomadairement en BPC

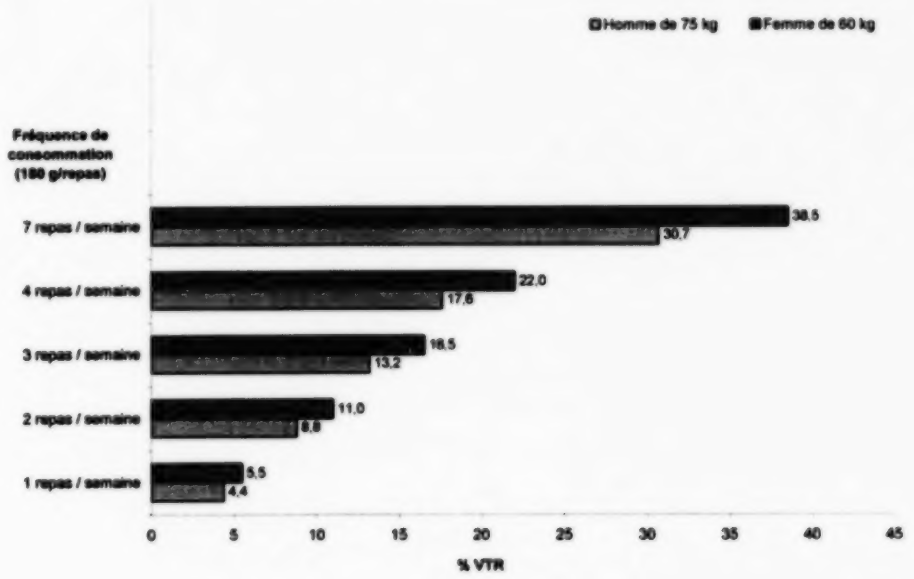


Figure 12. Fréquence de consommation de la truite arc-en-ciel d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR= 0,13 µg/kg poids) atteinte hebdomadairement en BPC

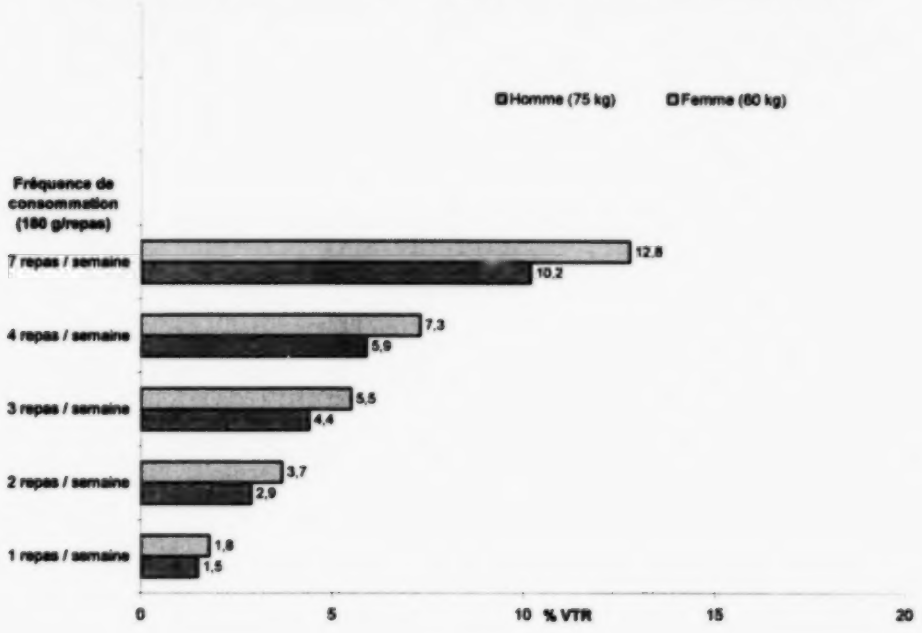


Figure 13. Fréquence de consommation du saumon d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR= 1 pg/kg poids) atteinte hebdomadairement en dioxines et furannes

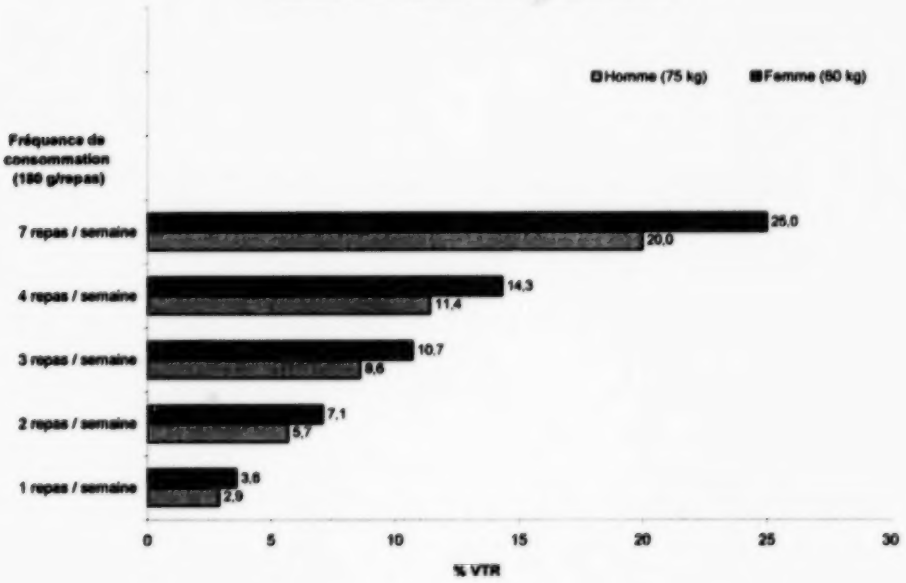


Figure 14. Fréquence de consommation de la truite arc-en-ciel d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR= 1 pg/kg poids) atteinte hebdomadairement en dioxines et furannes

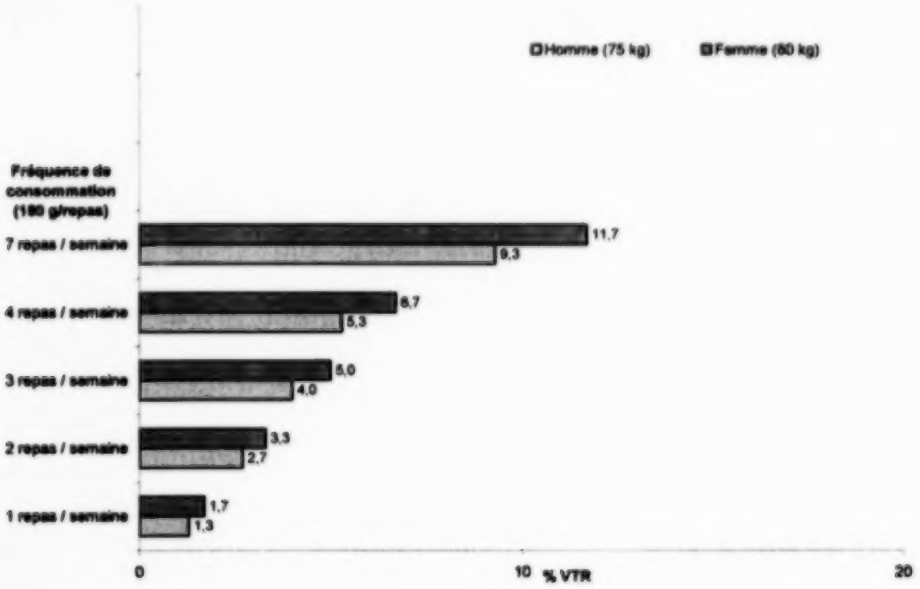


Figure 15. Fréquence de consommation du saumon atlantique d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR) atteinte hebdomadairement en mercure

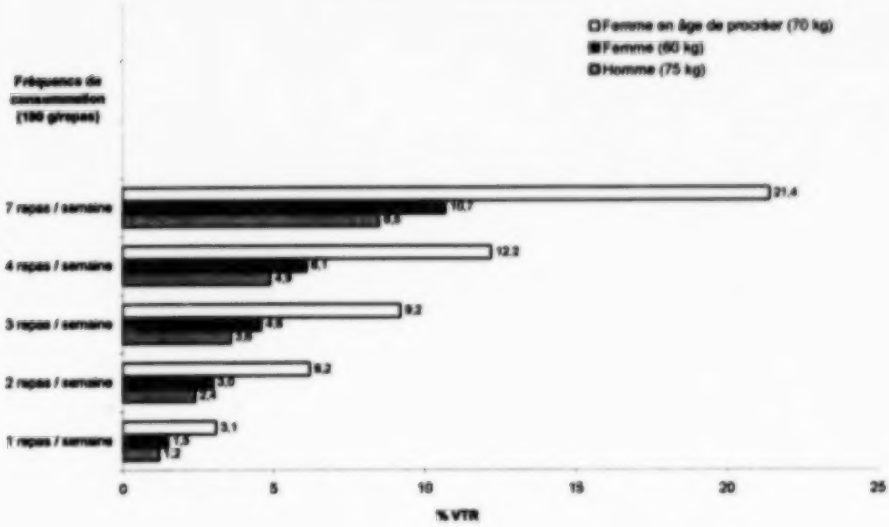
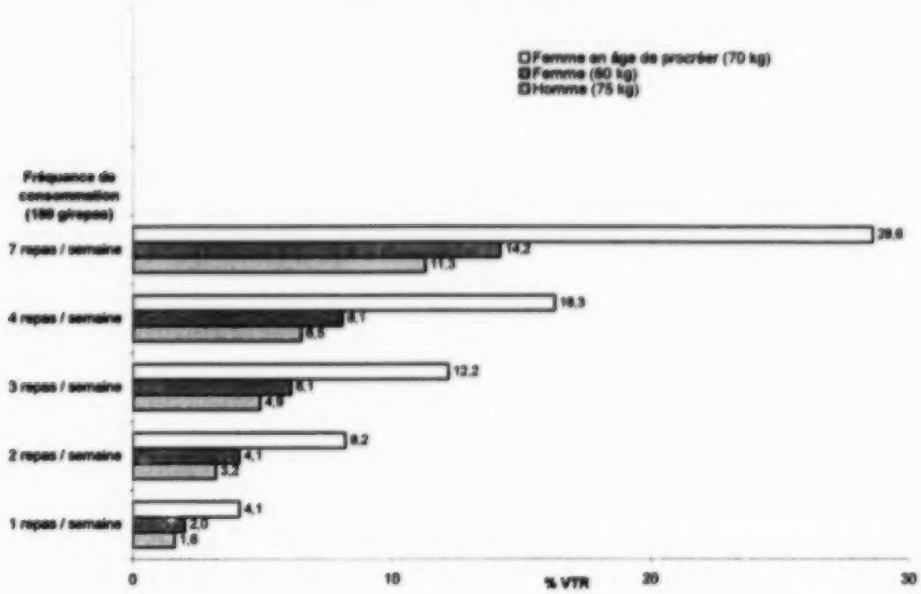


Figure 18. Fréquence de consommation de la truite arc-en-ciel d'élevage et pourcentage de la valeur toxicologique de référence (VTR) atteinte hebdomadairement en mercure



5. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de la présente étude démontrent donc que la consommation du saumon atlantique et de la truite arc-en-ciel d'élevage fournit aux consommateurs des apports importants en acides gras oméga-3 et peu importants en contaminants environnementaux. Quoique les salmonidés d'élevage présentent généralement des quantités plus élevées en lipides que les salmonidés sauvages (36, 37), nos résultats ont montré une teneur en lipides plus faible qu'attendue dans les saumons atlantique d'élevage et similaire à celle des saumons sauvages. Bell et al. observèrent une concentration moyenne de lipides de 10,1 g/100 g (n=491) dans la chair de saumons d'élevage d'Écosse comparativement à 3,5 g/100 g dans les saumons sauvages (38). L'étendue des valeurs en lipides totaux observée dans les saumons d'élevage s'apparentait à celle observée dans la présente étude (2-19 g/100 g). Aursand et al. (Norvège) et Zhou et al. (Canada) observèrent des valeurs moyennes en lipides totaux semblables à celles de Bell et al., soit entre 10 et 11 g/100 g (39, 40). Selon Bell et al., les raisons pouvant expliquer les variations en lipides totaux observées dans les saumons d'élevage sont multifactorielles et peuvent dépendre à la fois du mode d'alimentation, de la prédisposition génétique des saumons à emmagasiner les lipides, du niveau de maturité du poisson, des variations saisonnières, etc. (38).

Dans la présente étude, les acides gras oméga-3 étaient positivement corrélés avec les lipides totaux, ce qui démontre bien que la teneur en oméga-3 dépend de la teneur en graisse des poissons. Bien que les saumons d'élevage aient présenté un rapport oméga-3/oméga-6 trois fois plus faible que celui des saumons sauvages, nous pouvons quand même affirmer que la consommation de saumon d'élevage contribue à un apport très appréciable en acides gras oméga-3 à très longue chaîne, le rapport oméga-3/oméga-6 se chiffrant à près de 4 pour les saumons d'élevage.

Les concentrations en acides linoléique, alpha-linolénique et arachidonique étaient 7; 3,5 et 2,3 fois plus élevées dans les saumons d'élevage que dans les saumons sauvages. L'utilisation d'huiles ou autres sources végétales dans l'alimentation des saumons d'élevage peut expliquer ces différences, les huiles utilisées contenant généralement des quantités importantes d'acides gras oméga-6 (37). Il est bien connu que la composition en acides gras des poissons d'élevage varie grandement selon leur modèle d'alimentation (37, 38, 41). Récemment, Cahu et al. ont revu en détail les résultats de recherches effectuées dans ce domaine (37). Leur évaluation a révélé que la composition en acides

gras de la chair de poisson d'élevage reflète presque parfaitement leur diète, soit la composition des farines et huiles qui sont utilisées pour les nourrir.

Par ailleurs, les truites arc-en-ciel d'élevage et sauvages ont présenté un rapport Σn-3 / Σn-6 similaire, soit de 4 et ce, même si les truites d'élevage contenaient plus de lipides et d'acides gras oméga-3 et oméga-6 que les truites sauvages. De plus, la concentration relative en acide arachidonique des truites sauvages était six fois plus élevée que celle des truites d'élevage, ce qui reflétait probablement une plus grande consommation d'insectes terrestres par la truite sauvage (R. G. Ackman, communication personnelle).

En 1999, le Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie de la France (MEFIF) a publié les résultats d'une étude visant à mesurer et comparer le contenu en acides gras oméga-3 dans les saumons atlantiques d'élevage et sauvages (14). Les résultats indiquaient que les concentrations en acides gras oméga-3 du saumon d'élevage étaient dix fois plus faibles que celles du saumon sauvage. Une analyse plus approfondie du rapport de recherche a indiqué qu'on avait utilisé le rapport (EPA+DHA) / acide linoléique (AL) pour la comparaison de la composition en acides gras oméga-3 des deux types de saumon. Nous avons aussi observé dans les saumons d'élevage des rapports Σn-3 / Σn-6 et (EPA+DHA) / AL de trois et six fois inférieurs respectivement à ceux des saumons sauvages. Il ne s'agissait cependant que d'une différence absolue moyenne de 0,3 g entre les deux types de saumons. Ces différences sont explicables par le contenu plus élevé en acide linoléique du saumon d'élevage. Cependant, ce contenu plus élevé en acide linoléique ne contribue pas à un apport considérable de cet acide gras dans l'alimentation. En effet, chez les nord-américains, l'apport médian en acide linoléique est estimé à 12 g par jour et les principales sources alimentaires sont les huiles végétales (carthame, tournesol, soya, etc.) et les aliments qui en contiennent (42). Les auteurs de l'étude menée par le MEFIF ont conclu que la teneur en acides gras oméga-3 du saumon d'élevage était beaucoup plus faible que celle des saumons sauvages (14). Certains média québécois se sont malheureusement inspirés de cette étude et ont laissé sous-entendre que la teneur en acides gras oméga-3 des saumons d'élevage était négligeable (16-18). Ces reportages ont généré de l'inquiétude dans la population et certains consommateurs ont réduit ou cessé leur consommation de salmonidés d'élevage. Or, nos résultats indiquent que le saumon atlantique et la truite arc-en-ciel

d'élevage vendus dans les supermarchés du Québec représentent un bon choix alimentaire et de très bonnes sources d'acides gras oméga-3.

Dans la présente étude, il a été impossible de connaître exactement le lieu de production des salmonidés d'élevage. Une exploration sommaire du marché des salmonidés de consommation au Québec a par ailleurs indiqué que le saumon atlantique d'élevage occupe 80% du marché alors que la truite arc-en-ciel d'élevage en représente 20% (R. Morin, MAPAQ, données non publiées). Les Québécois consomment principalement le saumon atlantique et la truite arc-en-ciel d'élevage sous forme de filets ou de darnes, lesquels proviennent surtout du Chili (60-90%). Toujours selon les données de R. Morin, le Nouveau-Brunswick est le deuxième fournisseur de saumon d'élevage et une petite quantité de ce produit provient de la Colombie Britannique. Quant à la truite arc-en-ciel d'élevage, Terre-Neuve occupe le second rang parmi les fournisseurs de filets alors que l'Ontario et le Québec en occupent les troisième et quatrième rangs.

Bien que le mode d'alimentation des salmonidés d'élevage de la présente étude ne soit pas connu, nos résultats nous permettent d'affirmer que les aliments ayant servi de nourriture aux salmonidés analysés était peu contaminés par les BPC, les dioxines et furannes et le mercure. En effet, l'analyse des contaminants environnementaux dans la chair des salmonidés d'élevage a indiqué des teneurs très faibles pour ces contaminants. Dans le cadre d'un programme de surveillance continue des contaminants environnementaux dans la chaîne alimentaire, l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a effectué en 1998-1999 le dépistage de contaminants tels que les dioxines, furannes, les BPC et le mercure dans les farines de poisson, les aliments de poisson et les huiles de poisson destinés aux aliments du bétail (43). Ces produits provenaient de plusieurs pays dont le Canada, les États-Unis, l'Islande, le Pérou, la Russie, l'Amérique du Sud, etc. Les résultats de l'ACIA ont révélé que les teneurs en BPC, dioxines, furannes et mercure étaient faibles et qu'elles ne dépassaient pas les lignes directrices canadiennes sur les contaminants chimiques du poisson et des produits du poisson. Au Québec, le MAPAQ a effectué en 2001 le dosage des BPC et du mercure dans les aliments destinés aux truites d'élevage produites au Québec (44). Ces aliments provenaient du Nouveau-Brunswick, de l'Ontario et des États-Unis. Les résultats de cette étude ont une fois de plus indiqué des concentrations faibles de ces contaminants dans les aliments destinés aux truites d'élevage.

Par ailleurs, Santé Canada et l'ACIA ont réalisé une étude en 2002 portant sur la contamination du poisson et des produits de la mer (45). Des poissons d'origine sauvage ou d'élevage ont été échantillonnés parmi les produits destinés à la vente au détail dans trois villes canadiennes: Vancouver, Toronto et Halifax. Des échantillons de saumon atlantique ont ainsi été analysés pour la présence de dioxines, furanes, biphényles polychlorés (BPC), éthers diphényliques polybromés (EDPB) et drogues vétérinaires. Les résultats préliminaires de cette étude ont indiqué que les niveaux de BPC observés dans les 19 échantillons de saumon atlantique d'élevage étaient très faibles. En effet, les concentrations moyennes en BPC se sont chiffrées à 17,5 ppb (17,5 parties par milliard), ce qui équivaut à 0,0175 mg de BPC par kg de chair de saumon. Cette faible concentration s'apparente donc à celle observée dans la présente étude.

D'autre part, le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario a réalisé en 2002 l'analyse de plusieurs contaminants dont les BPC, les dioxines et furannes et le mercure et ce, dans près de 60 échantillons de truites arc-en-ciel d'élevage (46). Les résultats ont révélé des teneurs très faibles de ces contaminants dans les truites d'élevage. Plus spécifiquement, la concentration moyenne de BPC était de 0,024 mg/kg donc très comparable à celle observée dans nos échantillons de truites d'élevage (tableau 4). La dioxine (2,3,7,8-TCDD) n'a par ailleurs été détectée dans aucun échantillon. Toutefois, les analyses comprenant les dioxines, furannes et les BPC analogues à la dioxine ont indiqué une valeur médiane de 1,44 ng TEQ/kg (les valeurs variant entre 0,55 et 4,32 ng-TEQ / kg). Ainsi, les teneurs observées dans la présente étude étaient bien inférieures à celles observées en Ontario, nos teneurs variant entre 0,0002 et 0,18 ng-TEQ.

Enfin, dans leur étude portant sur l'analyse de 14 congénères de BPC dans des échantillons (N=700) de saumons atlantiques d'élevage et de cinq espèces sauvages de saumons du Pacifique (ce qui excluait le saumon atlantique sauvage), Hites et al. ont rapporté que les teneurs en BPC des saumons d'élevage étaient plus élevées que celles des saumons sauvages (15). Les saumons d'élevage provenant d'Europe étaient plus contaminés que ceux produits en Amérique du Nord et du Sud. Les saumons d'élevage produits au Chili, lesquels se retrouvent majoritairement dans les supermarchés québécois, ont présenté les valeurs les plus faibles en PCB, dioxines, toxaphène et dieldrine comparé aux saumons produits ailleurs. Les saumons atlantiques du Chili avaient toutefois des teneurs en ces

contaminants plus élevées que les saumons sauvages. Cependant, leur teneur moyenne en BPC ne s'élevait qu'à 20 ng/g ou 0,020 mg/kg, soit légèrement supérieure à celle observée dans la présente étude (0,014 mg/kg, tableau 3). Une autre étude réalisée par le même groupe de chercheurs et portant sur les teneurs en métaux lourds des mêmes échantillons n'a pas démontré de différence significative entre la teneur en mercure des saumons d'élevage et sauvages (47). Les comparaisons effectuées par Hites et al. sont discutables du point de vue méthodologique, celles-ci ayant été effectuées entre des saumons atlantiques d'élevage et cinq espèces sauvages de saumons du Pacifique. Il aurait été préférable que ces comparaisons soient faites avec des saumons atlantiques sauvages, compte tenu des différences que l'on peut observer tant au niveau génétique que physiologique entre les diverses espèces de saumons.

L'étude de Hites et al., qui fut largement médiatisée dans les journaux et à la télévision au cours de l'hiver 2004 (19-23), suggère que la consommation de saumon atlantique d'élevage constitue un risque pour la santé, mettant en doute les bénéfices nutritionnels que peut comporter la consommation de ce type de saumon. Pourtant, selon les données de Hites et al., la consommation d'une portion de 180 grammes de saumon atlantique d'élevage provenant du Chili ne contribuerait qu'à un apport de 0,004 mg/kg de BPC, un apport bien en deçà de la ligne directrice émise par l'ACIA et Santé Canada et aussi par la *Food and Drug Administration* (FDA, États-Unis). Hites et al. se sont référés aux recommandations de la «*Environmental Protection Agency (US-EPA)*» dans le calcul des risques pour la santé humaine associés à la consommation de saumon d'élevage, des recommandations qui sont beaucoup plus sévères que celles proposées par Santé Canada, l'Organisation Mondiale de la Santé et la FDA. Conséquemment, les conclusions basées sur ces calculs de risque ont mal informé les consommateurs sur la qualité et la valeur nutritive du saumon d'élevage.

Les résultats observés dans la présente étude permettront de mieux orienter les recommandations sur la consommation de poisson des salmonidés d'élevage tout en tenant compte de leur niveau de contamination. Nos résultats permettront donc de rassurer la population québécoise car le saumon atlantique et la truite arc-en-ciel d'élevage sont des aliments sains et nutritifs. Ainsi, la consommation hebdomadaire de deux repas de saumon atlantique ou de truite arc-en-ciel d'élevage permet un apport adéquat en acides gras oméga-3 sans représenter de risque toxique pour la santé. En outre, les

contaminants analysés dans le cadre de la présente étude, soit les BPC, les dioxines et furannes de même que le mercure, sont les principaux contaminants qui font l'objet de restrictions dans le monde.

Cependant, les recommandations de Santé Canada devraient être suivies par les groupes à risque telles que les femmes enceintes et allaitantes et les grands consommateurs de poisson et notamment pour les espèces grandement contaminées (thon, requin, espadon). De plus, bien que les niveaux de contamination des espèces analysées aient été très faibles, nous recommandons qu'un système de surveillance des niveaux de contamination des poissons d'élevage et des aliments qui leur sont donnés, soit mis en place afin de s'assurer de la continuité de la qualité des poissons d'élevage.

En conclusion, les concentrations relativement faibles de contaminants et importantes en acides gras oméga-3 qui ont été observées dans la chair des salmonidés d'élevage permettent d'encourager la consommation de ces poissons auprès des Québécois.

6. RÉFÉRENCES

1. Harris WS. Fish oil supplementation: evidence for health benefits. Cleve Clin J Med 2004;71:208-210.
2. Simopoulos A, Leaf A, Salem N. Essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. Ann Nutr Metab 1999;43:127-130.
3. Schmidt EB, Skou HA, Christensen JH, Dyerberg J. N-3 fatty acids from fish and coronary artery disease: implications for public health. Public Health Nutr 2000;3:91-98.
4. Dewailly E, Blanchet C, Lemieux S, Gingras S, Holub BJ. Cardiovascular disease risk factors and n-3 fatty acid status in the adult population of James Bay Cree. Am J Clin Nutr 2002;76:85-92.
5. Dewailly E, Blanchet C, Gingras S, Lemieux S, Holub BJ. Fish Consumption and Blood Lipids in Three Ethnic Groups of Québec (Canada). Lipids 2003;38:359-365.
6. Albert CM, Campos H, Stampfer MJ, et al. Blood levels of long-chain n-3 fatty acids and the risk of sudden death. N Engl J Med 2002;346:1113-1118.
7. Yuan JM, Ross RK, Gao YT, Yu MC. Fish and shellfish consumption in relation to death from myocardial infarction among men in Shanghai, China. Am J Epidemiol 2001;154:809-816.
8. Daviglus ML, Stamler J, Orencia AJ, et al. Fish consumption and the 30-year risk of fatal myocardial infarction. N Engl J Med 1997;336:1046-1053.
9. Harper CR, Jacobson TA. The role of omega-3 fatty acids in the prevention of coronary heart disease. Arch Intern Med 2001;161:2185-2192.
10. Nestel P. Fish oil and cardiovascular disease: lipids and arterial function. Am J Clin Nutr 2000;71:S228-231.
11. Mori TA, Burke V, Puddey IB, et al. Purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids have differential effects on serum lipids and lipoproteins, LDL particle size, glucose, and insulin in midly hyperlipidemic men. Am J Clin Nutr 2000;71:1085-94.
12. Dewailly É, Blanchet C. Contenu en nutritments des poissons de pêche sportive du lac Saint-Pierre - Campagne 1995. Beauport: Unité de ercherche en santé publique, Centre de recherche du Pavillon CHUL, 2000.
13. Blanchet C, Dewailly É. Le Guide Alimentaire du Saint-Laurent. Québec: Unité de recherche en santé publique, CHUL (CHUQ), 2002:57.
14. Kermouni-Giorgio D, Ollivier D, Marescot H. Différentiation entre poisson sauvage et poisson d'élevage, Bilan 1999. Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie de la France; 1999.
15. Hites RA, Foran JA, Carpenter DO, Hamilton MC, Knuth BA, Schwager SJ. Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. Science 2004;303:226-229.
16. Lachapelle J. Le saumon qui voyage. La presse 2002.
17. Deglise F. Noyer le poisson. Protégez-vous 2002.
18. Radio Canada. Le saumon: une solution santé ? Émission Le Point 2002.
19. Radio Canada. Le saumon d'élevage serait plus cancérigène. Téléjournal 2004.
20. Neergaard l. Le saumon d'élevage serait plus cancérigène. Cyberpresse.ca 2004.
21. Radio Canada. Le point sur le saumon d'élevage. Reportage Découverte 2004;25 janvier.
22. Grondin N. Saumon d'élevage: en manger ou pas ? Protégez-vous 2004;août:18-19.
23. Henderson M. Farmed salmon linked to cancer risk. The Times 2004;9 janvier:3.
24. Delgado CL, Wada N, Rosegrant MW, Meijer S, Ahmed M. Fish to 2020: Supply and demand in changing global markets. Washington, D.C. and Penang, Malaysia: International Food policy Research Institute and Worldfish Center, 2003:11.
25. Shaikh NA, Downar E. Time course of changes in porcine myocardial phospholipid levels during ischemia. A reassessment of the lysolipid hypothesis. Circ Res 1981;49:316-325.
26. Shaikh NA. Extraction, purification and analysis of lipids from animal tissues. The heart and cardiovascular system. 1986;1:289-302.
27. Holub J, Skeaff CM. Nutritional regulation of cellular phosphatidylinositol. Methods in Enzymology 1987;41:234-244.

28. Lepage G, Roy CC. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. J Lipid Res 1986;27:114-120.
29. National Academy of Sciences. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, choolesterol, protein, and amino acids. http://books.nap.edu/catalog/10490.html ed. Washington: National Academies Press, 2002.
30. Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. Circulation 2002 2002;10621:2747-57.
31. Harris WS, Von Shacky C. The omega-3 index: a new risk factor for sudden cardiac death ? Prev Me 2004;39:212-220.
32. AMAP. Pollution 2002. Oslo, Norvege: Arctic Monitoring and Assessment Program, 2002.
33. Santé Canada. Interim provisional tolerable daily intake for PCBs. Ottawa: Communication personnelle, Décembre 2004.
34. ATSDR. Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs). Agence for Toxic Substances and Diseases Registry. Atlanta (USA): Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1999.
35. Santé Canada. Lignes directrices de Santé Canada: Recommandations relatives à l'exposition au mercure. Ottawa: Gestion des substances toxiques, 2004.
36. Van Vliet T, Katan MB. Lower ratio of n-3 to n-6 fatty acids in cultured than in wild fish. American Journal Clin. Nutr. 1990;51:1-2.
37. Cahu C, Salen P, de Lorgeril M. Farmed and wild fish in the pevention of cardoivascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. Nutr metab Cardiovasc Dis 2004;14:34-41.
38. Bell JG, McEvoy J, Webster JL, McGhee F, Millar RM, Sargent JR. Flesh lipid and carotenoid composition of scottish farmed Atlantic salmon. J Agric Food Chem 1998;46:119-127.
39. Aursand M, Bleivik B, Rainuzzo JR, Jorgensen L, Mohr V. Lipid distribution and composition of commercially farmed Atlantic salmon (Salmo salar). J Sci Food Agric 1994;64:239-248.
40. Zhou S, Ackman RG, Morrison C. Adipocytes and lipid distribution in the muscle tissue of Atlantic salmon (Salmo salar). Can J Fish Aquat Sci 1996;53:326-332.
41. Regost C, Arzel J, Robin J, Rosenlund G, Kaushik SJ. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (Psetta maxima). 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. Aquaculture 2003;217:465-482.
42. Kris-Etherton PM, Shaffer Taylor D, Yu-Poth S, et al. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. Am J Clin Nutr 2000;71:179-188.
43. ACIA (Agence Canadienne d'Inspection des Aliments). Rapport sommaire sur les contaminants dans les aliments pour poissons, la farine de poisson et l'huile de poisson. Site Internet: http://www.inspection.gc.ca/francais/anima/feebet/dioxf.shtml 2004:1-6.
44. Morin R. La truite d'élevage ne présente pas de risques pour la santé. Pêche Impact 2002;15:21.
45. Santé Canada et ACIA. Étude sur les poissons et produits de la mer - 2002. Site Internet: http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/cs-ipc/fr-ra/f_seafood_survey.html 2004:1-4.
46. Cassidy M, Matu A, Downing G. Baseline risk study of potential chemical contaminants in Ontario farm-raised rainbow trout. http://www.aps.uoguelph.ca/~aquacentre/aec/publications/contaminants.pdf 2004:1.
47. Foran JA, Hites RA, Carpenter DO, Hamilton MC, Mathews-Amos A, Schawger SJ. A survey of metals in tissues of farmed Atlantic salmon and wild Pacific salmon. Environ Toxicol Chem 2004;23:2108-2110.
48. Ministère de l'Environnement du Québec. Guide de consommation de poisson de pêche sportive en eau douce. Directives administratives édictées par Santé Canada pour la mise en marché des produits de la pêche. Site Internet:http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/guide/index.htm; 2004.

ANNEXE 1

Liste des pesticides recherchés

Acéphate
Alachlore
Atrazine
Atrazine, Desethyl
Azinphos-éthyle
Azinphos-méthyle
Bendiocarb
Bendiocarb dégradé
Benfluralin
BHC, alpha-
BHC, bêta-
BHC, gamma
Bifenthrin
Bromacil
Bromophos
Bromophos-ethyl
Butylate
Captafol dégradé
Captane
Captane degradé
Carbaryl-1
Carbaryl-2
Carbofenthion (Carbophenothion)
Carbofurane-1
Carbofurane-2
Chlorbenside
Chlordane-cis
Chlordane-trans
Chlorfenson
Chlorfenvinphos-e
Chlorfenvinphos-z
Chlormephos
Chloroneb
Chlorothalonil
Chlorpropham
Chlorpyrifos
Chlorpyrifos méthyle
Chlorthal-diméthyl (Dacthal/DCPA)
Chlorthiophos (Celathion)
Clomazone
Coumaphos
Cyanazine
Cyanophos
Cyfluthrin-1
Cyfluthrin-4
Cyperméthrine-1
Cyperméthrine-4
DDD, p,p'-
DDE, p,p'-
DDT p,p'-
DDT, o,p'-
Deltamethrine
Demeton-O
Demeton-S
Desmetryn
Di-Allate (1)
Di-Allate (2)
Diazinon
Dichlobenil
Dichloran
Dichlormid (composant de l'Eradicane)
Dichlorvos
Diclofenthion
Diclofluanid
Diclofop-methyl
Dicofol
Dicrotophos
Dieldrine
Diméthoate
Dioxathion
Diphénylamine
Disulfoton
Endosulfane I
Endosulfane II
Endosulfane sulfate
Endrin
EPN
EPTC (EPTAM,Eradicane)
Ethalfluralin
Éthion
Ethofumesate
Etridiazole
Fenchlorophos
Fénitrothion
Fenpropathrin
Fensulfothion
Fenthion
Fenvalérate-1
Fenvalérate-2
Fluvalinate-Tau (1)
Fluvalinate-Tau (2)
Folpet
Fonofos
Heptachlore
Heptachlore, époxyde
Hexachlorobenzène
Hexazinone
Imazalil
Iodofenphos
Iprodione
Isofenphos
Linuron
Malaoxon
Malathion
Métalaxil
Methamidophos
Méthidathion
Méthoxichlore
Métolachlor
Metribuzin
Mevinphos-c
Mevinphos-t
Mirex
Monocrotophos
Monolinuron
Myclobutanyl
Naled
Napropamide
Nitrofen
Ométhoate
Oxychlordane
Oxyfluorfen
Parathion, Méthyl-
Parathion,Éthyle
Pendiméthalin
Perméthrine-c
Perméthrine-t
Phorate
Phosalone
Phosmet
Phosphamidon
Pirimicarbe
Pirimiphos-ethyl
Pirimiphos-methyl
Prochloraz
Procymidone
Profenofos
Profluralin
Prométryne
Pronamide
Propargite
Propazine
Propiconazole-1
Propiconazole-2
Pyrazophos
Quinalphos
Quintozene
Simazine
Sulfotep
Tecnazene
Terbacil
Terbufos
Terbutryne
Terbutylazine
Tetrachlorvinphos
Tétradifon
Thiabendazole
Tolyfluanid
Triadiméfon
Tri-Allate
Trichlorfon
Trifluralin
Vinclozolin